真实数据驱动与AI赋能研究生课程案例建设新模式

王兵建[1] 李小磊[2] 侯典臣[2] 张亚伟[1] 贾后省[1]

1.河南理工大学能源科学与工程学院，中国·河南 焦作 454000

2.焦作煤业(集团)新乡能源有限公司赵固二矿，中国·河南 新乡 453633

【摘 要】针对工程类专业学位研究生培养过程中“产教融合、实践导向”所面临的核心挑战，以某矿瓦斯治理工程实践为典型案例载体，提出并系统探讨了AI赋能煤矿灾害防治技术课程案例建设的理论框架与实施路径，结果显示：依托现场瓦斯治理技术的演进历程和真实工程数据，借助AI大模型辅助构建案例知识图谱、搭建数字矿井虚拟仿真模型、开发智能问答与自适应学习系统等技术手段，可有效解决传统案例教学中难以观测、无法进入、高风险的深井灾害场景再现难题，推动教学范式从知识讲授向规律探索的转变，为行业及地方院校工程类高层次人才培养提供产教融合资源建设的新模式。

【关键词】AI赋能；煤矿灾害防治；研究生案例教学；产教融合

【基金项目】河南省专业学位研究生精品教学案例项目——煤矿灾害防治技术（编号：YJS2025AL22）；河南理工大学研究生教育教学改革项目——“以课促研”研究生课程煤矿灾害防治技术多元教学模式改革与实践（编号：2024YJ05）；河南省研究生教育改革与质量提升工程项目（YJS2025XQLH09）

引言

煤矿安全是关系国家能源安全和矿工生命安全的重大战略问题。瓦斯灾害、矿井火灾、水害等重大灾害长期威胁煤矿安全生产，而高层次专业人才短缺是制约煤矿灾害防治能力提升的核心瓶颈之一。统筹推进教育科技人才体制机制一体改革[1]，强化教育对科技和人才的支撑作用势在必行，但也对工程类专业学位研究生培养提出了新的更高要求。

煤矿灾害防治技术是采矿工程专业硕士研究生核心课程，具有工程背景高度依赖现场真实环境、技术参数高度耦合地质条件、决策判断高度依赖工程经验等典型特点，传统教学模式面临事故灾害场景难以再现、大量珍贵现场数据利用率低、学生工程感知能力培养不足、课堂案例与真实工程脱节等的严峻挑战井。吴兰等[2]探讨了人工智能技术赋能高校课程案例库建设思路，谢榕等[3]提出了课程教学案例库建设原则，刘光宇[4]则认为教学案例应源于实践，重在体现工程技术等相关知识的综合运用，提高教学针对性，同时要突出鲜明的行业特色，这些研究都为本课程教学案例库的建设提供了宝贵的可借鉴经验。借助AI与虚拟仿真等新技术手段，将真实工程案例搬进课堂，实现产教融合和知行合一的教学目标，培养出同时具有学术创新能力和工程实践能力的高素质研究生，以适应煤矿灾害防治技术发展的需求，也是本课程教学案例建设过程中亟待研究解决的重要课题。

1 课程案例建设面临的主要挑战

1.1 深井高危灾害场景的可视化重现难题

煤矿灾害防治技术课程的核心教学内容涉及千米深井瓦斯突出、矿井火灾、水灾、瓦斯（煤尘）爆炸等极端灾害情景，这类深井高地压高瓦斯压力环境下的灾害演变过程、技术施工动态，传统课堂完全无法再现，严重制约了学生工程认知的形成。

1.2 海量真实工程数据的教学转化难题

某矿十余年实践积累了大量极具价值的原始数据：超高压水力割缝试验数据、定向长钻孔施工数据、水力压裂试验数据、深孔取样数据等。这些数据蕴含丰富的工程规律，但大量停留在技术报告层面，如何将这些死工程记录数据通过数据清洗、特征提取、知识建模、教学任务化等一系列过程，结构化为可探究、可推导的活教学资源，是借助AI赋能完成课程案例建设的核心挑战。

1.3 工程决策能力培养的情境构建难题

专业学位研究生培养的核心目标是工程决策能力，而

工程决策能力必须在问题发现、方案设计、参数优化、效果评价的完整循环中形成。煤矿灾害防治涉及地质条件识别、瓦斯赋存规律判断、瓦斯治理技术参数优化、治理效果验证等多个决策环节，知识高度融合、情境高度依赖。研究表明，采矿工程专业学位研究生对灾害防治工程实践的了解主要依赖文字材料，缺乏沉浸式工程感知，严重制约了工程决策能力的形成。

2 AI与虚拟仿真技术赋能研究生教学案例建设的理论框架

2.1 利用真实数据驱动层构建案例知识图谱

某矿位于焦作煤田东部，主采二煤层，煤层平均厚度6.16m，坚固性系数f=1.4~2.8，属典型的高瓦斯低渗透性坚硬煤层。自2011年投产以来，经历了从常规抽采到水力冲孔、超高压水力割缝、定向长钻孔、水力压裂、沿空留巷六阶段系统性技术演进，积累了数以千计的真实工程数据，是煤矿灾害防治教学案例的宝贵资源库。

利用DeepSeek-V3，通过信息抽取、实体识别、关系抽取、图谱存储等一系列过程，借助Xmind和Neo4j等知识图谱构建工具，将瓦斯防治技术演进数据、地质参数数据、工艺参数数据以及治理效果数据，初步构建出瓦斯治理技术知识图谱，为上层的AI智能分析和虚拟仿真提供结构化的核心数据养料，同时形成可检索、可推理、可扩展的案例知识库，为教学交互奠定数据基础。

2.2 利用AI赋能分析层设计智能教学辅助系统

基于案例知识图谱，AI赋能分析层得以突破传统搜索的局限，实现从检索信息到辅助决策推理的跃升。在知识图谱基础上，构建面向煤矿灾害防治课程的智能教学辅助系统，主要包括以下三个方面功能：

（1）智能案例生成与推荐。根据学生学习进度和知识薄弱点，AI系统自动从某矿案例库中匹配最适合的工程子案例，实现个性化学习推荐。针对瓦斯赋存规律的知识点，系统推荐某矿分区差异化赋存规律分析案例。

（2）工程参数智能优化分析。基于某矿大量真实工程数据，构建技术参数智能优化模型。以超高压水力割缝为例，训练割缝效果与f值关系的预测模型，使学生能够在AI辅助下完成地质条件识别→参数推荐→效果预测→方案优化的工程决策训练。

（3）灾害场景智能问答。针对典型灾害场景，构建基于RAG的智能问答系统[5]，学生就某特定地质条件下如何选择瓦斯治理技术、参数设计是否合理等问题与AI系统进行深度对话，AI给出基于真实案例数据的答案并附推理依据，有效提升学生的工程推理与论证能力。

2.3 利用虚拟仿真体验层构建数字矿井仿真模型

基于某矿真实地质模型和工程参数，构建数字矿井模型，设计三类虚拟仿真实验：

（1）瓦斯赋存规律三维可视化仿真。将某矿浅表风化带非突区、中部低突区、深部高突区的瓦斯赋存特征以三维可视化方式呈现，学生可通过虚拟钻孔、地层切片、瓦斯参数赋值等交互操作，直观感受瓦斯含量与埋深的非线性变化规律[6]。

（2）超高压水力割缝技术施工过程仿真。割缝仿真再现100MPa超高压水射流在坚硬煤层中形成应力卸压区的动态过程，学生可通过调节水射流压力、切割钻头转速、水力割缝间距，观察不同参数组合下割缝效果变化，理解等效割缝半径0.92~1.45m背后的工程规律。

（3）灾害演变与防控系统联动仿真，从灾害演变开始，模拟瓦斯超限、通风系统响应、抽采系统调节等智能防控联动过程，以及瓦斯超限预警等关键防控节点，使学生在虚拟环境中体验智能瓦斯综合防治体系的运行逻辑。

2.4 利用工程实践检验层实施能力评价

构建与四维案例建设框架相匹配的能力评价体系，重点考察工程决策能力。评价内容包括：基于给定地质参数的瓦斯治理方案设计、工程参数定量优化、治理效果评价三个层次，分别对应于地质规律认知与技术选型能力、数据分析与推算能力、指标体系构建与应用能力。利用某矿典型矿井现场实践经验及数据，对学生在虚拟仿真中形成的认知加以验证和深化，真正实现教中做、做中学、学中评的工程人才培养目标。

3 基于某矿工程实践的典型案例模块设计

3.1 瓦斯灾害风险识别与分区评价案例

以某矿井下500多个实测点数据为支撑，设计包含地质信息读取、赋存规律分析、分区边界判定、突出危险性评价等四步工作流程的完整教学案例，实现煤层瓦斯赋存三区划分、主控因素判断、基于瓦斯地质图的差异化治理策

略制定等核心教学目标的达成，此案例可培养学生地质认知驱动技术决策的系统性工程思维[7]。

3.2 超高压水力割缝参数优化设计案例

以某矿1887刀割缝试验数据为训练集，设计参数优化教学案例，教学流程设计为：①理解超高压水力割缝基本原理（应力波理论，形成卸压区）；②分析割缝效果与f值关系曲线；③掌握等效割缝半径计算方法；④针对具体地质条件（给定f值、孔隙率、地应力条件）完成最优工艺参数设计（包括割缝压力、间距、喷嘴类型选择）。该案例以真实数据驱动参数优化推理，用于培养学生的定量工程计算能力。

3.3 定向长钻孔水力压裂方案设计案例

以某矿14040工作面为背景，基于实测参数（煤层f值、瓦斯吸附常数a为50.3m³/t、b为1.17MPa⁻¹、透气性系数0.398~0.796m²/MPa²·d等），指导学生完成水力压裂方案核心参数计算与设计，包括破裂压力、注水压力、注水量计算和保压时间确定，促使学生掌握水力压裂技术参数的技术方法，理解通过煤层增透、瓦斯抽采、防突效果达标实现矿井瓦斯治理的底层逻辑。

3.4 沿空留巷源头治理瓦斯案例

以某矿沿空留巷技术应用为案例，通过传统U型通风与沿空留巷Y型通风[8]的通风流场差异的对比分析，帮助学生掌握沿空留巷消除上隅角瓦斯积聚技术方案，引导学生理解沿空留巷源头根治瓦斯的技术逻辑演变，升级从被动应对到主动消除灾源的矿井灾害防治理念，培养学生的工程系统观和技术迭代思维。

4 教学实施与效果分析

在本校2025级资源与环境（采矿）专业学位研究生课程教学期间，采用课间学生访谈的方式，对比分析了与往届学生对煤矿瓦斯灾害防治核心知识掌握程度的差异，发现约83.33%的学生对瓦斯地质分区、煤层瓦斯增透技术优化、水力压裂参数设计、瓦斯抽采效果验证等完整工程流程的理解更加深入，工程参数定量计算能力明显增强，100%学生愿意继续在煤炭行业中就业。

5 结论

（1）通过与某矿在瓦斯治理技术方面的密切合作，总结出该矿瓦斯治理技术演进的六阶段特征，基于瓦斯防治技术演进数据、地质参数数据、工艺参数数据以及治理效果等大量真实工程数据，初步构建出瓦斯治理技术知识图谱，为本校资源与环境（采矿）专业学位研究生案例建设提供了坚实基础。

（2）基于案例知识图谱，AI赋能分析层得以突破传统搜索的局限，实现从检索信息到辅助决策推理的跃升。在知识图谱基础上，构建面向煤矿灾害防治课程的智能教学辅助系统，实现了智能案例生成与推荐、工程参数智能优化分析灾害场景智能问答，显著提升了教学案例建设的深度、广度和个性化程度，成为真正实现产教融合资源落地课堂的关键。

（3）数字矿井虚拟仿真模型再现了煤矿生产环境存在的瓦斯突出、矿井火灾、水灾、瓦斯（煤尘）爆炸等灾害演变过程，以及瓦斯赋存规律和超高压水力割缝等瓦斯治理工程施工工艺过程，解决传统课堂完全无法帮助学生看见、认识、体验高危险作业环境和工程施工过程的教学难题，有力支撑了学生工程感知能力和决策能力的培养。

参考文献：

[1]教育部.教育强国建设规划纲要（2024-2035年）[Z].北京：教育部,2024.

[2]吴兰,毛炫懿.人工智能技术赋能高校课程案例库建设的应用场景、痛点及优化路径[J].中国高等科技,2025(12):91-96.

[3]谢榕,李霞.人工智能课程教学案例库建设及案例教学实践[J].计算机教育,2014,(19):92-97.

[4]刘光宇.大理大学专业硕士研究生信号类课程案例库建设实践[J].大理大学学报,2024,9(12):74-78.

[5]贺广文,张昆,王青和.基于RAG的煤矿安全智能问答模型构建与应用[J].自动化应用,2025,66(24):200-203.

[6]蔡林沁,罗志勇,王颐,等.基于Multi-agent的煤矿虚拟环境体系建模[J].煤炭学报,2010,35(01):61-65.

[7]杜贻晶,许健,闫显运.沿空留巷工作面“Y”型通风的实践[J].煤矿现代化,2009,(06):29-30.

作者简介：

王兵建（1978-），男，籍贯：河南周口，民族：汉族，职称：副教授，学历：博士，研究方向：矿井智能通风与灾害防治。